

- аварийные ситуации, при которых останов механизмов должен быть осуществлен оперативным персоналом.

Тренажер постоянно совершенствуется, и при поддержке ЭНИМЦ «Моделирующие системы» модели будут приближены к оперативному тренажеру реактора БН-800.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аналитический тренажер БН-800 для обучения студентов УГТУ-УПИ. Техническое задание. ЭНИМЦ «Моделирующие системы», г. Обнинск, 2008.
2. Аналитический тренажер БН-800 для обучения студентов УГТУ-УПИ. Техническое описание и руководство по эксплуатации рабочего места инструктора. ЭНИМЦ «Моделирующие системы», г. Обнинск, 2008.
3. Аналитический тренажер БН-800. Приемо-сдаточные процедуры. Маневрирование мощностью установки. ЭНИМЦ «Моделирующие системы», г. Обнинск, 2008.

Носов Д.А., Борисова Е.В., Семенов М.Ю., Титов Г.П., Щеклеин С.Е.
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000

aes@mail.ustu.ru

ГОУ ВПО "УГТУ-УПИ имени первого Президента России

Б.Н.Ельцина"

г. Екатеринбург

В статье рассмотрен аналитический тренажер ТОМАС-1А и его возможности по моделированию оборудования и режимов работы наиболее распространенных в Российской Федерации реакторов ВВЭР-1000.

An analytic trainer TOMAS-1A and it's operating modelling opportunities of the Russian Federation's most common VVER-1000 reactor have been described in this article.

ТОМАС-1А – программно-технический комплекс, позволяющий моделировать нормальные, переходные и аварийные режимы работы АЭС с ВВЭР-1000. В качестве прототипа выбран 4-ый блок Балаковской АЭС.

Тренажер имеет следующие структурные составляющие:

- математическую модель энергоблока, описывающую нейтронно-физические, тепло-гидравлические и логические процессы в оборудовании и системах управления АЭС;
- графическую систему управления и визуализации, позволяющую осуществлять управление моделью и представлять результаты ее работы.

Особенностями тренажера являются:

- Доступность широкому кругу пользователей ввиду низкой стоимости технических средств.

- Настройка на любой конкретный энергоблок.
- Наглядная визуализация результатов моделирования на одном или нескольких компьютерах с использованием современных средств мультимедиа.
- Справочная и обучающая гипертекстовая информационная система с наглядной “привязкой” к моделируемому оборудованию.
- Моделирование тяжелых аварий. Наглядная демонстрация таких режимов оперативному персоналу позволит обучить персонал распознавать признаки тяжелых аварий на ранней стадии и не допустить развития проектной аварии в запроектную.

Нейтронно-физическая модель активной зоны обеспечивает детальное описание нейтронно-физических процессов в активной зоне реактора в стационарных и нестационарных режимах пуска, нормальной эксплуатации, изменениях мощности и останове блока, а также при авариях, сопровождающихся быстрым вводом реактивности, потерей теплоносителя, а также без срабатывания аварийной защиты реактора.

Модель адекватно описывает нейтронно-физические свойства активной зоны, такие как:

- эффекты реактивности по температуре топлива, плотности и температуре теплоносителя;
- эффективность органов СУЗ и системы борного регулирования;
- отравление ксеноном и самарием, разотравление.

Структура программного комплекса симулятора показана на схеме (рис.1).

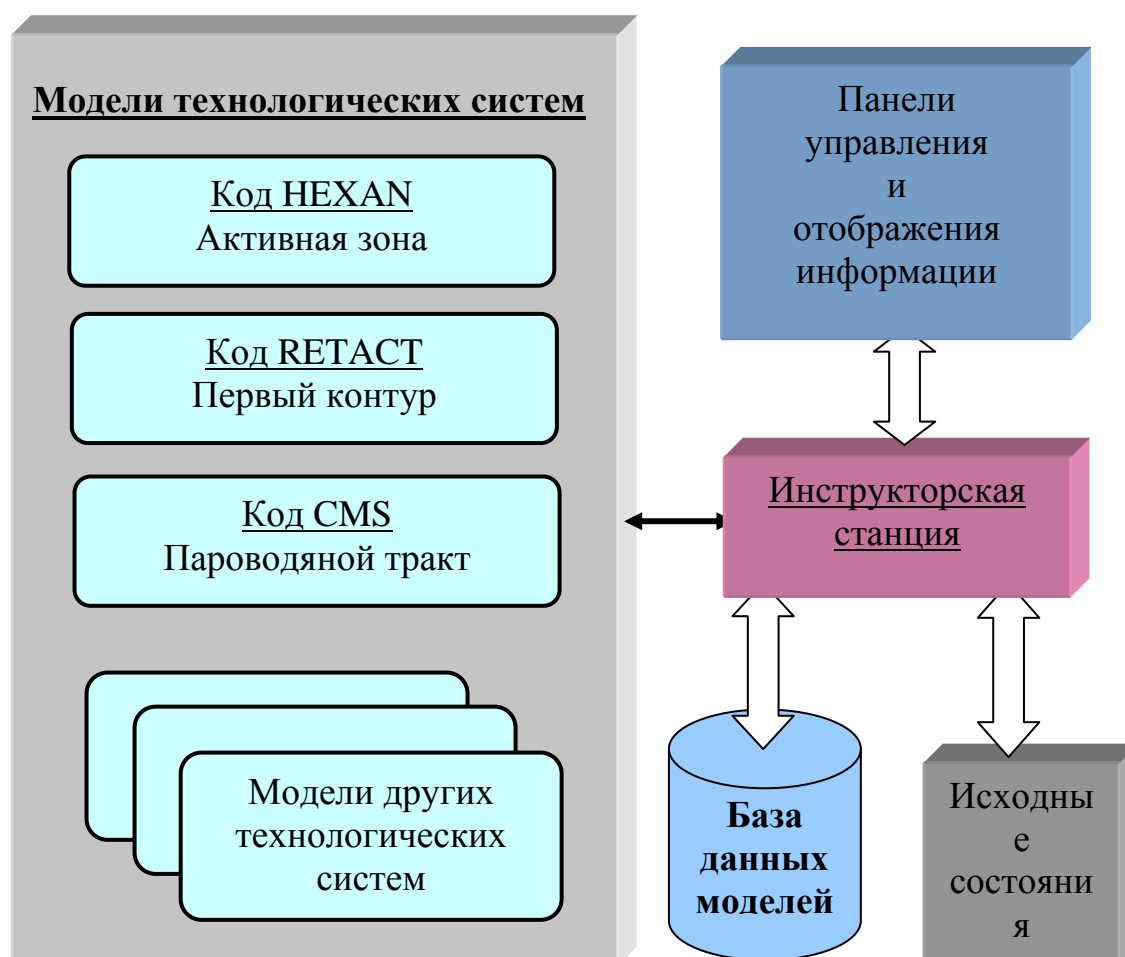


Рис.1. Структура программного комплекса симулятора.

Технология разработки и эксплуатации мультимедийных комплексов моделирования WinMod, на основе которой создан тренажер ТОМАС-1А, представляет собой систему программирования, разработанную с учетом опыта построения полномасштабных и аналитических тренажеров атомных электростанций и основанную на современных технологиях программирования. Она включает в себя средства интеграции и управления моделями технологических систем, а также средства имитации органов управления и контроля. Особенности данной системы являются ее универсальность и высокая производительность. Для моделирования используется достаточно мощный персональный компьютер с ОС Windows XP.

Многооконная операционная система позволяет эффективно работать на одном экране с несколькими панелями управления моделируемым оборудованием. Возможность использования при подготовке графики операторских станций фотоизображений, профессиональных графических пакетов, большая библиотека органов управления и контроля обеспечивают высокую степень реалистичности. Применение видео, анимации и звука открывает неограниченные возможности визуализации событий и интерпретации данных. Пример одного из многочисленных окон тренажера приведен на рис.2.

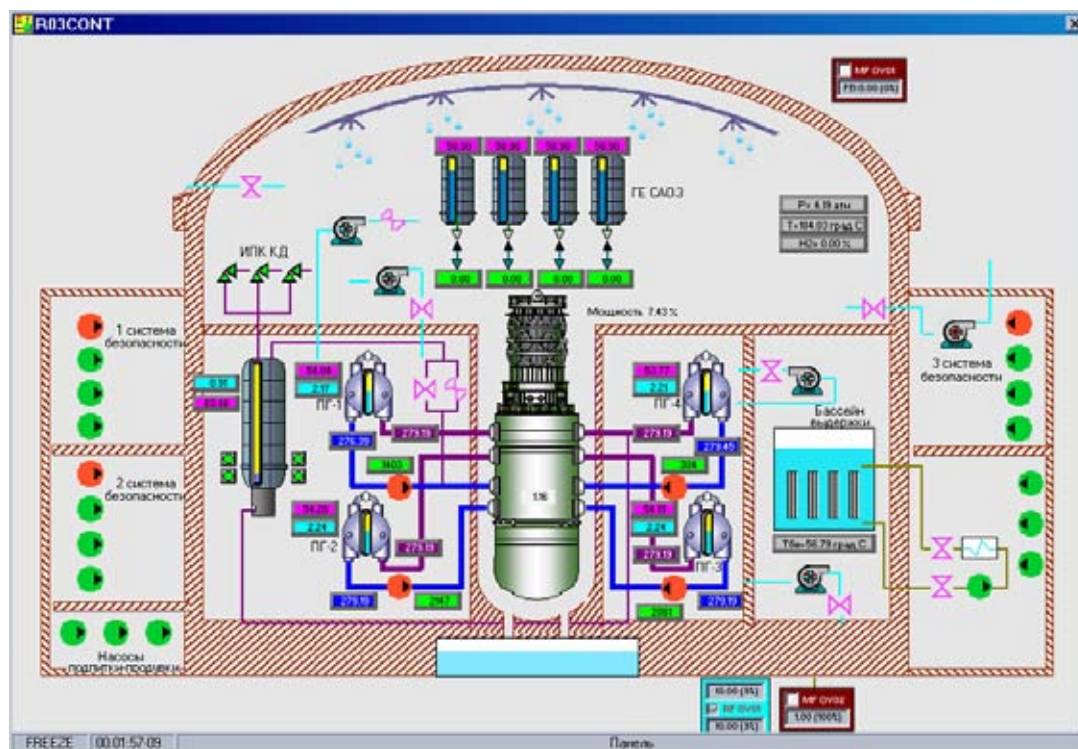


Рис.2. Общая схема первого контура и системы герметичных помещений.

Использование контекстной гипертекстовой информационной системы с вызовом справки по конкретному прибору или ситуации (с использованием фотографий, схем и т.д.) расширяет рамки процесса обучения.

Управление моделью осуществляется с помощью инструкторской станции, снабженной всеми сервисными функциями, необходимыми для анализа процессов или обучения операторов (ввод отказов оборудования, возврат в предыдущие состояния, запись и воспроизведение режимов работы, графики зависимости различных параметров от времени).

На тренажере ТОМАС-1А для обучения студентов были смоделированы следующие ситуации:

- процесс управления стержнями СУЗ реактора;
- способы регулирования реактивности;
- отказ в работе одного из четырех ГЦН;
- отказ в работе электронагревателей компенсатора давления.

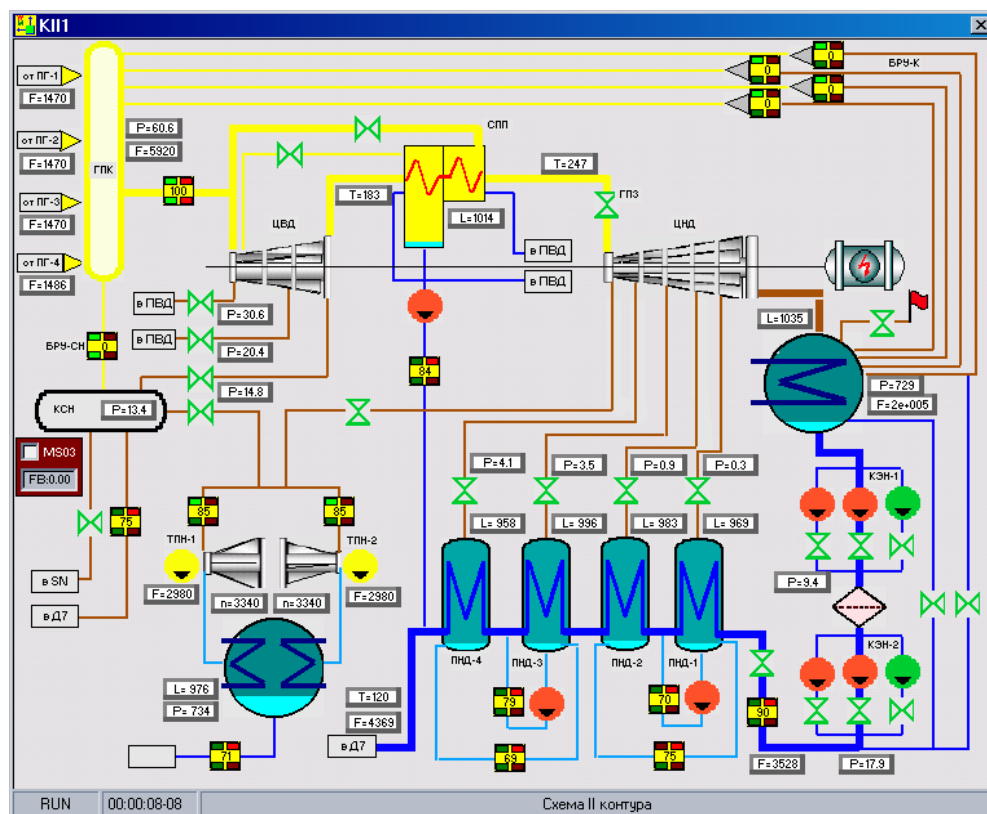


Рис.3. Оборудование второго контура.

Тренажер ТОМАС-1А позволяет моделировать режимы работы и отказы оборудования и систем второго контура (рис.3):

- работа энергоблока при изменении степени открытия стопорно-регулирующего клапана;
- отказ системы основного конденсата;
- отказ питательной системы.

Литература:

1. Е.Ф.Селезнев, А.В.Пряничников, Д.А.Лысов. Верификация программы HEXANS. Отчет ВНИАЭС, 1997.
2. Белоусов Н.И., Бычков С.А., Марчук Ю.В., Пряничников А.В., Программа расчета гетерогенных ячеек и полиячеек ядерных реакторов (программа GETERA). ОФАП ЯР, ном. рег. 00237, 1991г.
3. P.S.Andersen and S.Fabic Theoretical foundation of an advanced simulation method for power plant thermohydraulics. Dynatrek, Inc., 2115 E.Jefferson St. Rockville, MD 20852.
4. Крошилин А.Е., Жукавин А.П., Пряхин В.Н. Теплогидравлическая модель первого контура для полномасштабного тренажера с ВВЭР-1000. Электрические станции. N 3, 1992, с. 6- 12.
5. Теория тепломассообмена: Учебник для технических вузов/ С.И.Исаев, И.А.Кожин, В.И.Кофанов и др.: Под ред. А.И.Леонтьева. - М.: Высшая школа, 1979. - 495с.